Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 14, No. 2, Summer 2022, p. 235-249

Effect of Spent Mushroom (*Agaricus bisporus* Imbach.) Compost on Growth, Yield, and Water Use Efficiency of Mungbean (*Vigna radiata* L.) in Conditions of Cut Irrigation in the Pod Formation Stage

Y. Esmaelian[1] and M.B. Amiri[1*]

Received: 24-03-2020
Revised: 31-12-2020
Accepted: 27-02-2020
Available Online: 14-09-2022

How to cite this article:
Esmaelian, Y., and Amiri, M.B., 2022. Effect of spent mushroom (*Agaricus bisporus* Imbach.) compost on growth, yield, and water use efficiency of mungbean (*Vigna radiata* L.) in conditions of cut irrigation in the pod formation stage. Journal of Agroecology 14(2):235-249.
DOI: 10.22067/agry.2021.20272.0

Introduction

Plants are exposed to several environmental stresses, all affecting plant growth, and development, which hampers crop plants' productivity. The mungbean (*Vigna radiata* L.) is a plant species from the legume family. This plant is an enriched source of protein, fiber, antioxidants, and phytonutrients. It plays an important role in the human diet and improves soil fertility by fixing atmospheric nitrogen. The average yield of mungbean is quite low. One way to improve crop yield and production is the management of fertilizers such as spent mushroom compost that greatly affect mungbean growth, development, and yield. Spent mushroom compost (SMC) is the residual compost waste generated by the mushroom production industry. It is readily available, and its formulation generally consists of wheat straw, dried blood, horse manure, and ground chalk composted together. This research was carried out to study the effects of different levels of spent mushroom compost on mungbean's quantitative yield and water use efficiency under drought stress.

Materials & Methods

This research was conducted in 2016-17 as a split plot based on a completely randomized block design with three replications at the Research Farm of the University of Gonabad. Main factor levels concluded of full irrigation (300 m^3 in each irrigation) and irrigation disruption at the pod formation stage, and subfactor consisted of 0 (control), 20, 40, 60, and 80 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost.

Results & Discussion

The results showed that under drought stress, the highest seed yield (1660 $kg.ha^{-1}$) obtained in the treatment of 60 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost and 40 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost decreased the effects of drought stress. In full irrigation, the highest biological yield observed in treatments of 80 (7377 $kg.ha^{-1}$) and 60 t.ha-1 (6132 $kg.ha^{-1}$) spent mushroom compost and drought stress and no application of fertilizer decreased biological yield (46%). In drought stress conditions, application of 40, 60, and 80 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost increased water use efficiency compared to control, and the highest water use efficiency was observed in the treatment of 60 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost. Application of 80 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost increased the lateral branch number by 44% compared to control. The highest and the lowest pod number per plant were obtained in treatments of 80 $to.ha^{-1}$ spent mushroom compost (27 pods per plant) and control (17.3 pods per plant), respectively. Less irrigation increased water use efficiency, so each level of SMC in full irrigation conditions did not significantly differ from similar levels under drought stress. The main consequences of drought in crop plants are reduced cell division and expansion rate, leaf size, stem elongation and root proliferation, disturbed stomatal oscillations, plant water and

1- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Gonabad,Gonabad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: amiri@gonabad.ac.ir)

nutrient relations with diminished crop productivity, and water use efficiency. Spent mushroom compost is an excellent source of humus. SMC does not contain any pests or weed seeds because of the high temperatures associated with the composting and pasteurization processes. SMC also contains very low levels of pesticides and heavy metals. The negative effects of drought stress on plants of the legume family have been proven in other studies. Research on wheat reported that spent mushroom compost increased seed number per spike.

Conclusion

The results showed that drought stress reduced most of the studied traits. Application of 20 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost did not significantly affect most studied traits. The highest effect on plant height, lateral branch number, and pod number per plant were observed in the treatment of 80 $t.ha^{-1}$ spent mushroom compost. In general, according to the results of this research, applying optimum amounts of spent mushroom compost as an eco-friendly input in drought stress can improve growth characteristics and yield.

Keywords: Biological Yield, Deficit Irrigation, Ecofriendly Input, Fabaceae, Optimum Amount, Organic Fertilizer

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

اثر سطوح کمپوست قارچ خوراکی (*Agaricus bisporus* Imbach.) بر رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط قطع آبیاری در مرحله تشکیل غلاف

یاسر اسماعیلیان[1] و محمد بهزاد امیری[1]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

اسماعیلیان، ی.، و م. امیری، ب.، ۱۴۰۱. اثر سطوح کمپوست قارچ خوراکی (*Agaricus bisporus* Imbach.) بر رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط قطع آبیاری در مرحله تشکیل غلاف. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۴(۲): ۲۴۹-۲۳۵.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح کود کمپوست قارچ (*Agaricus bisporus* Imbach.) خوراکی بر رشد و عملکرد گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط قطع آبیاری در مرحله تشکیل غلاف، پژوهشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل دو سطح آبیاری (آبیاری کامل (۳۰۰ مترمکعب آب در هر نوبت آبیاری) و قطع آبیاری در مرحله تشکیل غلاف) به‌عنوان عامل اصلی و پنج سطح کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (صفر (شاهد)، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که در شرایط قطع آبیاری در مرحله تشکیل غلاف بیشترین عملکرد دانه (۱۶۶۰ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بود و تیمار ۴۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نیز در کاهش اثرات تنش خشکی مؤثر بود. در شرایط آبیاری کامل، بیشترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۸۰ (۷۳۷۷ کیلوگرم در هکتار) و ۶۰ تن در هکتار (۶۱۳۲ کیلوگرم در هکتار) کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بود. اعمال تنش خشکی و عدم استفاده از کود آلی، افت شدید و ۴۶ درصدی عملکرد بیولوژیک را در پی داشت. کاربرد ۴۰، ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در شرایط تنش کم‌آبی، کارآیی مصرف آب را در مقایسه با شاهد افزایش داد و در این شرایط، بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی مشاهده شد. انجام آبیاری کمتر، بهبود کارآیی مصرف آب را در پی داشت، به‌طوری‌که هر یک از سطوح کمپوست مصرف شده قارچ در شرایط آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری با سطح مشابه در شرایط تنش خشکی نداشتند. به‌طور کلی، با توجه به یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد با کاربرد مقادیر بهینه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌عنوان یک نهاده بوم سازگار در شرایط تنش خشکی بتوان خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه ماش را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: حبوبات، عملکرد بیولوژیک، کم‌آبیاری، کود آلی، مقدار بهینه، نهاده بوم‌سازگار

مقدمه

کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می شود. گرما و خشکی که ویژگی عمده اقلیم خشک و نیمه‌خشک است، بخش عمده‌ای از فلات ایران را تحت تأثیر قرار داده است. در اکثر مناطق کشور، بارش‌های جوی بسیار اندک و اغلب به صورت پراکنده است. تنش خشکی کارکرد (Liu et al., 2010)، ساختار (Zak et al.,

۱- استادیار دانشکده کشاورزی مجتمع آموزش عالی گناباد،گناباد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: amiri@gonabad.ac.ir)

DOI: 10.22067/agry.2021.20272.0

2003) و تولید (Lal et al., 2013) اکوسیستم‌های کشاورزی را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده و تهدید بزرگی برای امنیت غذایی در سرا سر جهان محسوب می شود. در صورتی که شدت تنش خشکی زیاد باشد، کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاهان را به‌دنبال خواهد داشت (Soltys-Kalina et al., 2016). اگر چه ماش (*Vigna radiata* L.) گیاهی نسبتاً مقاوم به تنش خشکی است (Lalinia et al., 2012)، ولی تنش خشکی شدید می‌تواند منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد شود (Robertson et al., 2004). فراهمی مناسب آبیاری در دوره گل‌دهی و پر شدن غلاف برای این گیاه حیاتی و بحرانی ا ست، زیرا در این مراحل شاخص سطح برگ در حداکثر مقدار خود بوده و متعاقب آن نیاز آبی در بیشترین حد خود قرار دارد. تنش رطوبتی در زمان گل‌دهی و پر شدن غلاف با تأثیر بر روند تشکیل غلاف و سرعت پر شدن آن در نهایت، می‌تواند کاهش شاخص بردا شت را در پی دا شته با شد (Nandwal et al., 1998). در یک پژوهش، گزارش شد که تنش خشکی تأثیر منفی بر کلیه صفات ارقام مختلف گیاه ماش داشت و بیشترین آسیب مربوط به عملکرد دانه و کمترین آسیب مربوط به وزن هزار دانه بود (Hashemzehi et al., 2013). در پژوهش دیگری، گزارش شد قطع آبیاری در مرحله زایشی بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه ماش داشت و بیشترین ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص بردا شت در شرایط آبیاری مطلوب بدست آمد (Jafardokht et al., 2015). تنش خشکی هدایت روزنه‌ای، میزان کلروفیل برگ، شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک گیاه ماش را به‌شدت کاهش داد (Shokuhfar & Abufetilehnejad, 2013). بررسی سطوح تنش خشکی (۰/۳-، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار) در ژنوتیپ های مختلف ماش نشان داد که اکثر ژنوتیپ ها تنها محدوده تنش خشکی ۳- تا ۶- بار را تحمل کردند و تنش‌های شدیدتر کاهش صفاتی نظیر وزن غلاف، وزن دانه و شاخص برداشت را به همراه داشت (Rafiee Shirvan & Asgharipour, 2009). در پژوهشی دیگر، گزارش شد اعمال تنش شدید خشکی در مرحله ر شد زایشی، منجر به کاهش ۴۹ درصدی عملکرد اقتصادی ماش شد، در حالی که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی عملکرد دانه را نه درصد نسبت به شاهد کاهش داد (Moradi et al., 2008).

حفظ حاصلخیزی خاک، متوقف ساختن روند بهره‌برداری بی‌رویه از منابع خاک و تخریب منابع موجود و حفظ تولید غذا در سطح تأمین نیازهای رشد جمعیت از جمله مهم‌ترین اهداف کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. برای داشتن یک سیستم کشاورزی پایدار استفاده از نهاده هایی که علاوه‌بر تأمین نیازهای گیاه، جنبه های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و مخاطرات محیطی را کاهش دهند، ضروری به نظر می‌رسد و استفاده از کودهای آلی به‌عنوان یکی از کودهای سازگار با محیط‌زیست نقش به سزایی در تأمین نیاز غذایی گیاهان و همچنین محافظت آن ها بر عهده دارند. امروزه کاربرد کودهای آلی به‌ویژه کمپوست‌های مختلف در کشاورزی به‌دلیل مزایای مختلفی که دارند، رونق گرفته است. از جمله مزایای این کودها می توان به نقش آن‌ها در بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک، افزایش محتوای ماده آلی خاک، بهبود پایداری ساختمان خاک (Tejada et al., 2009)، تهویه و هدایت هیدرولیکی خاک (Aggelides & Londra, 2000)، تشکیل خاکدانه ها (Sodhi et al., 2009) و افزایش ظرفیت نگهداری آب (Curtis & Claassen, 2005) ا شاره کرد. یکی از انواع کمپو ست‌ها که اخیراً مورد استقبال کشاورزان قرار گرفته است، کمپوست قارچ خوراکی (*Agaricus bisporus* Imbach.) (SMC)[1] می‌باشد. این کمپوست به‌عنوان یک منبع مناسب کود آلی دارای عناصر پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه بوده که به افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک کمک می‌کند (Debosz et al., 2002). این کود از یک طرف با افزایش نفوذپذیری ریشه در خاک و افزایش عمق توسعه ریشه و از طرف دیگر، با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، می توا ند در کاهش خسارات نا شی از تنش خشکی مؤثر با شد (Johnson et al., 2009). کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی حدود ۶۰ درصد وزن خود آب جذب می کند و ۶۵ درصد از ماده خشک آن را مواد آلی تشکیل می دهد (Levanon & Donai, 2001). تأثیر این کود در بهبود تشکیل خاکدانه و افزایش نیتروژن آلی خاک به اثبات رسیده است (Peregrina et al., 2009). استوارت و همکاران (Stewart et al., 1998) گزارش کردند تیمارهای کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی باعث بهبود عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و جذب عناصر غذایی گردید و علت آن را به کاهش وزن مخصوص خاک، بهبود خاکدانه‌های خاک، بهبود تهویه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نسبت دادند. کاربرد ۱۰ درصد کمپوست

1- Spent mushroom compost

مصرف شده قارچ خوراکی ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ و وزن تر و خشک سویا (*Glycine max* L.) را افزایش داد (Jonathan et al., 2011). در یک پژوهش گزارش شد، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود آلی (ورمی کمپوست) منجر به تولید بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژ یک گیاه ماش شد (Rahimi & Hashemi, 2016). در پژوهشی دیگر، کاربرد ۶۰ تن در هکتار کمپوست بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (Allahdadi et al., 2013). افزودن ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی کمپوست به خاک در شرایط تنش خشکی در زراعت عدس (*Lens culinaris* Medik.)، افزایش محتوای کلروفیل کل، فتو سنتز، تعرق و عملکرد فتو سیستم را در پی دا شت و از این طریق، خسارات نا شی از تنش خشکی کاهش یافت (Ahmadpour et al., 2018). کاربرد تلفیقی کود آلی ورمی کمپوست و کود شیمیایی در زراعت نخود (*Cicer arietinum* L.)، تولید بیشترین عملکرد دانه را سبب شد (Kahrizy & Sepehri, 2019). کاربرد هشت تن در هکتار کود آلی ورمی کمپوست در سویا منجر به تولید بیشترین عملکرد و اجزای دانه شد (Shahrusvand et al., 2019).

ماش یکی از مهم‌ترین محصولات خانواده حبوبات محسوب می شود و به‌دلیل دوره ر شد کوتاه، توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن، بهبود و ا ستحکام ساختمان خاک و کنترل فر سایش اهمیت زیادی در زراعت محصولات مختلف دارد (Dhingra et al., 1991; Jaiwal et al., 2001). این گیاه یکی از منابع مهم تغذیه‌ای دام به‌صورت علوفه تابستانه بوده و تحمل بالایی نسبت به تنش های محیطی به‌ویژه شوری و خشکی دارد (Mogotsi, 2006). گیاه ماش با دارا بودن مواد معدنی متعادل، فیبر قابل هضم، مواد فیتوشیمیایی فعال زیستی، مقادیر بالای پروتئین، اسیدهای آمینه، اولیگوساکاریدها و پلی‌فنول ها یکی از منابع غذایی پرطرفدار به‌شمار رفته و همچنین دارای ویژگی‌های ضد میکروبی، ضد التهابی، ضد فشار خون، اثرات ضدعفونی‌کنندگی، اثرات ضد دیابتی و ضد توموری و تنظیم‌کننده چربی می‌باشد (Kanatt et al., 2011; Lee et al., 2012).

با توجه به اهمیت گیاه ماش به‌عنوان یک محصول غذایی ارزشمند و نقش و کاربرد آن در بهبود ساختمان و کیفیت خاک، به‌نظر می‌ر سد با مدیریت صحیح نهاده‌ها و کاهش خ سارات نا شی از تنش خشکی توسط این نهاده ها می‌توان به عملکرد مطلوب و عاری از بقایای شیمیایی این گیاه ا ستراتژیک د ست یافت، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بر جنبه‌های عملکرد کمّی و کارایی مصرف آب گیاه ماش تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل رشد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۰۶۰ متر از سطح دریا، به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. اطلاعات هواشناسی منطقه مورد پژوهش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد پژوهش

Table 1- Meteorological information of research area

	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
بارندگی Rainfall (mm)	14.3	10.5	0	0	0.1	0
متوسط دما ماهیانه Mean temperature in month (°C)	19	27.3	29.4	31.2	27.3	27.6
حداکثر دمای ماهیانه Maximum temperature in month (°C)	36.3	38.8	40.2	41.5	36.7	38.5
حداقل دمای ماهیانه Minimum temperature in month (°C)	1.7	14.1	17	20.7	15.9	15.9
میزان تبخیر و تعرق Evaporation and transpiration (mm)	72.52	170.40	189.72	206.18	164.72	148.83

فاکتورهای آزمایشی شامل دو سطح آبیاری (آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی) و پنج سطح مختلف کمپو ست م صرف شده قارچ خوراکی (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی بود. قبل از انجام آزمایش، به‌طور تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک محل پژوهش، نمونه برداری انجام و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و همچنین کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- خصوصیات خاک محل آزمایش و کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی

Table 2- Soil characteristics of experimental farm and spend mushroom compost

	بافت Texture	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن N (%)	کربن آلی Organic C (%)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (ds.m^{-1})
خاک مزرعه Farm soil	لومی-شنی Loamy-sandy	103	8	0.019	0.19	8.2	4.3
کمپوست Compost	-	7121	1498	2.3	21.7	7.5	5.1

آماده‌سازی زمین بر اساس خاکورزی حداقل انجام شد، به این ترتیب که پس از انجام دیسک سبک، آماده‌سازی کرت‌ها و ردیف‌های کاشت با استفاده از کارگر و بیل دستی انجام گردید و کرت‌هایی با ابعاد ۲×۳ متر و با فوا صل ۰/۵ متر از یکدیگر ایجاد شد و فا صله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. بسته به تیمار آزمایشی کمپو ست مصرف شده قارچ خوراکی قبل از کاشت توسط بیل با خاک هر کرت مخلوط گردید. بذور ماش (توده محلی گناباد)، در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۹۵ به صورت د ستی با فا صله بین ردیف ۵۰ و روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند و اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری‌های بعدی تا قبل از اعمال تیمار آبیاری (۳۰ روز پس از کاشت) هر هفت روز یک بار به‌صورت نشتی انجام شد و حجم آب مورد نیاز برای هر کرت (۳۰۰ مترمکعب آب در هر نوبت آبیاری) با استفاده از کنتور تعیین و در هر نوبت آبیاری اعمال شد. با توجه به کودی بودن ماهیت تیمارها و به‌منظور جلوگیری از مخلوط شدن آب تیمارها با یکدیگر، برای هر بلوک آزمایشی لوله آبیاری جداگانه در نظر گرفته شد. برای رسیدن به تراکم مطلوب بوته (۱۳ بوته در مترمربع) (Alavi Fazel et al., 2015)، در مرحله سه برگی عملیات تنک انجام گرفت و برای کنترل علف‌های هرز دو نوبت وجین د ستی (به‌ترتیب ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت) انجام شد. در طول فصل ر شد از هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و کود و سموم شیمیایی استفاده نشد.

در اواخر فصل رشد، با زرد شدن بوته‌ها و رسیدگی دانه‌ها در تاریخ ۲۵ شهریورماه، نمونه‌برداری از نیم‌مترمربع از هر کرت آزمایشی به‌صورت تصادفی انجام و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. همچنین به‌منظور تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، با رعایت اثر حاشیه (بوته‌های دو ردیف کناری هر کرت و بوته ابتدا و انتهای هر ردیف کا شت در نمونه‌گیری‌ها لحاظ نشدند)، بوته‌های پنج مترمربع از هر کرت آزمایشی بردا شت و صفات مورد نظر در آن‌ها برآورد شدند. معیار بردا شت غلاف‌های هر کرت، ر سیدن ۷۰ در صد غلاف‌های آن کرت بود. شاخص بردا شت از نسبت عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) به عملکرد بیولوژیکی بر حسب درصد به‌دست آمد. کارآیی مصرف آب با استفاده از معادله یک تخمین زده شد (Farre & Faci, 2006):

$$WUE = GY/W_{ap} \qquad (۱)\ \text{معادله}$$

در معادله فوق، WUE: کارایی مصرف آب، GY: عملکرد دانه تولید شده بر حسب کیلوگرم و Wap: میزان آب مصرف شده بر اساس مترمکعب است.

به‌منظور تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل آماری داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، از نرم‌افزارهای SAS Ver.9.1 و MS Excel Ver.11 استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات کمّی ماش تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of some quantitative characteristics of mungbean affected by drought stress and different levels of spent mushroom compost

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	تعداد غلاف در بوته Pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seed numbers per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	85.9ns	5.9ns	54.50ns	1.34ns	11.90*	31219ns	555495**	0.95ns	0.003ns
آبیاری Irrigation	1	103.00ns	45.1**	387.00ns	10.32**	13.60*	403216**	11440422**	35.40ns	0.035**
خطای اصلی Main error	2	12.05	2.13	14.10	0.44	0.50	24594	222359	3.76	0.003
کمپوست قارچ Spent mushroom compost (SMC)	4	102.60*	18.2**	106.40**	3.96*	3.76ns	287463**	2821911**	4.95ns	0.020**
آبیاری×کمپوست قارچ Irrigation×SMC	4	31.60ns	2.52ns	17.4ns	0.10ns	3.79ns	107764*	1034138*	4567ns	0.007*
خطای فرعی Sub error	13	64.30	11.06	21.3	1.04	2.52	24446	319939	8.89	0.002
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.80	29.00	22.8	12.30	22.40	10.50	10.50	10.70	10.10

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: are non-significant and significant at probability level of 5 and 1%, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی خصوصیات کمّی ماش تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی

Table 4- Mean comparison of some quantitative characteristics of mungbean affected by drought stress and different levels of spent mushroom compost

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branch	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
سطوح آبیاری Irrigation levels					
آبیاری کامل Full irrigation	41.3	7.9	23.8	8.9	7.7
قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Cut irrigation in podding stage	37.6	5.4	16.6	7.7	6.4
حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (LSD5%)	5.45	2.29	5.89	1.04	1.11
کمپوست مصرف شده قارچ Spent mushroom compost (t.ha^{-1})					
0	32.8	5.3	17.3	7.5	6.5
20	38.1	5.4	17.5	7.5	6.3
40	41.9	7.4	21.6	9.3	7.9
60	42.3	5.7	17.6	8.0	6.4
80	42.2	9.4	27.0	8.9	7.9
حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (LSD5%)	6.66	2.37	5.65	1.24	1.94

مقایسه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است و میانگین‌ها دو به دو با شاهد مقایسه می‌شوند. تفاوت‌هایی که بیشتر از مقدار LSD ذکر شده باشند معنی‌دار هستند

The comparison is based on the LSD test at the 5% probability level and the averages are compared two by two with the control. Differences the are greater than the LSD value are significant

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۳)، به طوری که بیشترین (۴۲/۳ سانتی‌متر) و کمترین (۳۲/۸ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به‌ترتیب در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و شاهد حاصل شد (جدول ۴). کاربرد ۴۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نیز افزایش ۲۲ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد (عدم‌مصرف کمپوست) را در پی داشت (جدول ۴).

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می شود در اکثر صفات مورد مطالعه (به‌جز ارتفاع بوته) با افزایش مقادیر کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی از ۴۰ به ۶۰ و از ۶۰ به ۸۰ تن در هکتار مقدار صفات به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت. به نظر می رسد که کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در مقایسه با سطح ۶۰ تن در هکتار این کمپوست توانست شرایط مطلوب‌تری از نظر ظرفیت نگهداری رطوبت و دسترسی عناصر غذایی ایجاد کند و مصرف ۶۰ تن در هکتار کمپوست قارچ به اندازه‌ای نبود که مزایای حاصل از کاربرد این نهاده بوم‌سازگار نمود پیدا کند و حتی مقدار برخی از صفات در این شرایط نسبت به کاربرد ۴۰ تن در هکتار کمپوست دچار کاهش شد. ساقه گیاه یک اندام ذخیره‌ای (مخزن) مناسب برای متابولیت‌های فتوسنتزی به‌شمار می رود و با افزایش ارتفاع گیاه قادر خواهد بود، سطح برگ بیشتری را به خود اختصاص داده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید و به دانه ارسال کند، از این رو ارتفاع بوته می تواند به‌طور مستقیم تولید و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Butler et al., 2005). با اعمال تنش خشکی، به نظر می‌رسد آماس نسبی و محتوای آب پروتوپلاسم سلول ها کاهش یافته و این امر احتمالاً

کاهش توسعه و تقسیم سلولی را به همراه داشته (Arnon, 1972) و در نتیجه، ارتفاع گیاه کاهش یافته است. به نظر می‌رسد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی احتمالاً از طریق افزایش محتوای ماده آلی خاک، افزایش دسترسی عناصر غذایی و جذب آب و با بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (Flavio, 2004) منجر به بهبود خصوصیات کمّی گیاه شده است. در یک پژوهش، گزارش شد که تنش خشکی تأثیر منفی بر کلیه صفات ارقام مختلف گیاه ماش از جمله ارتفاع بوته داشت (Hashemzehi et al., 2013). کاربرد ۱۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی ارتفاع بوته سویا (Jonathan et al., 2011) و کاربرد ۴۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی ارتفاع بوته گندم را افزایش داد (Eheaee et al., 2010).

تعداد شاخه جانبی و تعداد غلاف در بوته

تعداد شاخه جانبی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری که قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی کاهش شدید و ۳۲ در صدی تعداد شاخه جانبی را نسبت به شرایط آبیاری کامل سبب شد (جدول ۴). کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی منجر به افزایش ۴۴ در صدی تعداد شاخه جانبی نسبت به شاهد شد (جدول ۴). اثر کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین (۲۷ غلاف در بوته) و کمترین (۱۷/۳ غلاف در بوته) تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و شاهد به‌دست آمد (جدول ۴).

به نظر می‌رسد گیاه به‌دلیل مواجه شدن با کمبود آب، احتمالاً ترجیح داده بیشتر مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص داده و مواد تولیدی را صرف افزایش عمق توسعه ریشه کند، لذا با تنش خشکی تعداد شاخه جانبی کاهش یافته است. در یک پژوهش، کاهش تعداد شاخه جانبی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود تحت شرایط تنش خشکی گزارش شد (Maasomi et al., 2002). کودهای آلی می‌توانند نوع و فراوانی ریزجانداران خاک را تحت تأثیر قرار دهند و با تحریک فعالیت زیستی آن‌ها منجر به آزادسازی هورمون‌های گیاهی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نظیر اکسین، جیبرلین، سیتوکینین و اتیلن شده (Arisha et al., 2003) و از این طریق، بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه را سبب شوند. کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی دارای عناصر غذایی بوده و احتمالاً با بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت بهبود خصوصیات کمّی گیاه را به همراه داشته است. یافته‌های این آزمایش در خصوص اثر مثبت کمپوست بر تعداد غلاف در گیاه ماش با پژوهش های انجام شده در گیاهان لوبیا سبز (Aminul Islam et al., 2016)، لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) (Olfati et al., 2012) و گندم (Seyedi & Rezvani Moghaddam, 2011) مطابقت داشت.

تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه

اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۳) و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی تعداد دانه در غلاف را با کاهش ۱۳ در صدی روبرو ساخت (جدول ۴). وزن هزار دانه نیز در شرایط تنش کم‌آبی ۱۷ درصد کمتر از شرایط آبیاری کامل بود (جدول ۴). با افزایش مقدار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تا سطح ۴۰ تن در هکتار تعداد دانه در غلاف افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر کمپوست قارچ تعداد دانه در غلاف با کاهش مواجه شد. در این پژوهش، طول دوره رشد بوته‌های ماش تحت‌تأثیر تنش خشکی کوتاه شد و بذرهایی که در معرض تنش قرار گرفتند زودتر به مرحله رسیدگی رسیده و برداشت شدند.

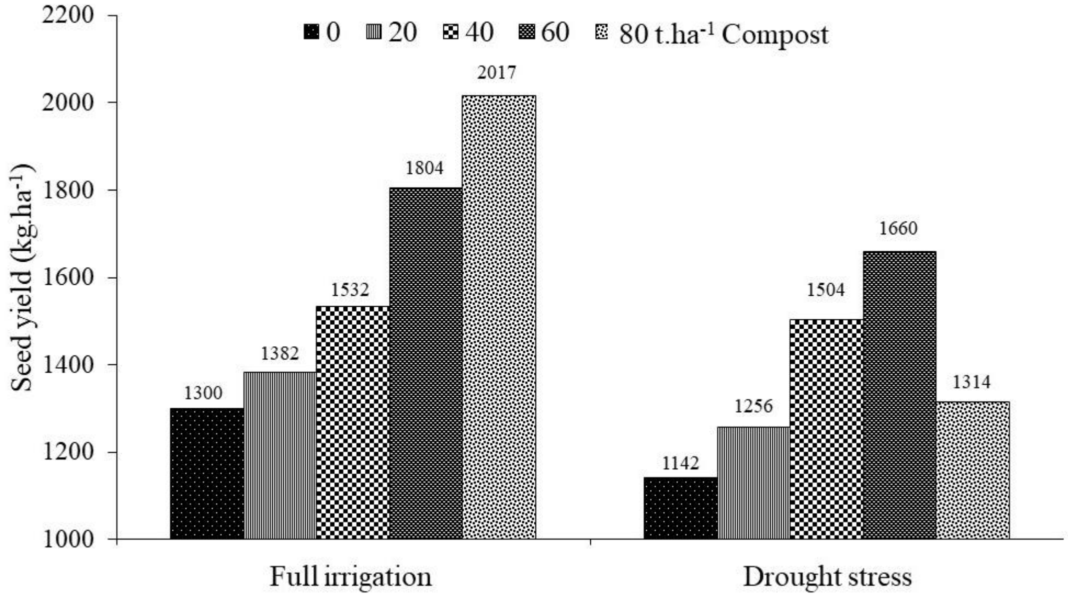
به نظر می‌رسد با قطع آبیاری در مرحله تشکیل غلاف و اعمال تنش کم‌آبی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه افزایش یافته و سهم کمتری از مواد فتوسنتزی تولیدی به اندام‌های زایشی اختصاص یافته است و این امر کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه را سبب شده است. اثرات منفی تنش خشکی در گیاهان خانواده حبوبات، در پژوهش‌های دیگری به اثبات رسیده و علت این امر به کاهش فتوسنتز و تسهیم کمتر فرآورده‌های فتوسنتزی به هر بذر، تسریع پیری گیاه و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه نسبت داده شده است (Kisman, 2003; Sio-Se Mardeh et al., 2014). بررسی سطوح تنش خشکی (۰/۳-، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار) در ژنوتیپ‌های مختلف ماش نشان داد که اکثر ژنوتیپ ها تنها محدوده تنش خشکی ۳- تا ۶- بار را تحمل کردند و تنش‌های شدیدتر کاهش صفاتی نظیر وزن غلاف، وزن دانه و شاخص برداشت را به همراه داشت (Rafiee Shirvan & Asgharipour, 2009). به نظر می‌رسد که کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی احتمالاً با بهبود تهویه و افزایش ظرفیت نگهداری آب و افزایش فعالیت ریزجانداران خاک (Arisha et al., 2003)، توانسته به بهبود خصوصیات کمّی گیاه کمک کند. در یک پژوهش روی گندم

گزارش شد که مصرف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در افزایش تعداد دانه در سنبله مؤثر بود (Seyedi & Rezvani Moghaddam, 2011). کاربرد ۴۰ تن در هکتار کمپو ست م صرف شده قارچ خوراکی افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ، طول خو شه، تعداد دانه در بوته و ماده خشک تولیدی گندم را در پی داشت (Eheaee et al., 2010).

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارآیی مصرف آب

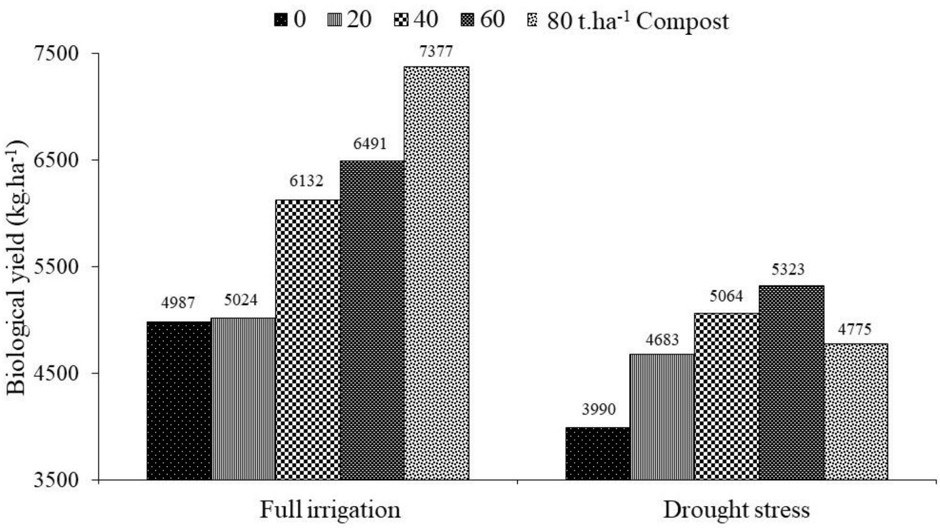
عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خ شکی، سطوح مختلف کمپو ست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در شرایط آبیاری کامل عملکرد دانه با افزایش سطوح کمپو ست م صرف شده قارچ خوراکی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲۰۱۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۸۰ تن در هکتار کمپو ست م صرف شده قارچ خوراکی بەد ست آمد. در شرایط تنش کم‌آبی بی شترین عملکرد دا نه (۱۶۶۰ کیلوگرم در هک تار) مربوط به تی مار ۶۰ تن در هک تار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بود و تیمار ۴۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نیز در کاهش اثرات تنش خشکی مؤثر بود (شکل ۱). قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و عدم استفاده از کمپو ست م صرف شده قارچ خوراکی منجر به تولید کمترین عملکرد دانه (۱۱۴۲ کیلوگرم در هکتار) شد (شکل ۱).

تنش خشکی، سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آن ها به‌طور معنی‌داری بر عملکرد بیولوژ یک تأثیر دا شت. همان‌طور که در شکل ۲ م شاهده می شود، کاربرد ۶۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در شرایط کم‌آبی، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد شد. در شرایط آبیاری کامل، بیشترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب متعلق به تیمارهای ۸۰ (۷۳۷۷ کیلوگرم در هکتار) و ۶۰ تن در هکتار (۶۱۳۲ کیلوگرم در هکتار) کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بود (شکل ۲). اعمال تنش خشکی و عدم استفاده از کود، افت شدید و ۴۶ درصدی عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با تیمار آبیاری کامل و کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست قارچ در پی داشت، به‌طوری‌که کمترین عملکرد بیولوژیک (۳۹۹۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و عدم کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ماش تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (حداقل تفاوت معنی‌دار= ۲۷۰/۰٤)

Fig. 1- Mean comparison of seed yield of mungbean affected by drought stress and different levels of spent mushroom compost (LSD= 270.04)



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک ماش تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (حداقل تفاوت معنی‌دار= ۹۸۳/۹۳)

Fig. 2- Mean comparison of biological yield of mungbean affected by drought stress and different levels of spent mushroom compost (LSD= 983.93)

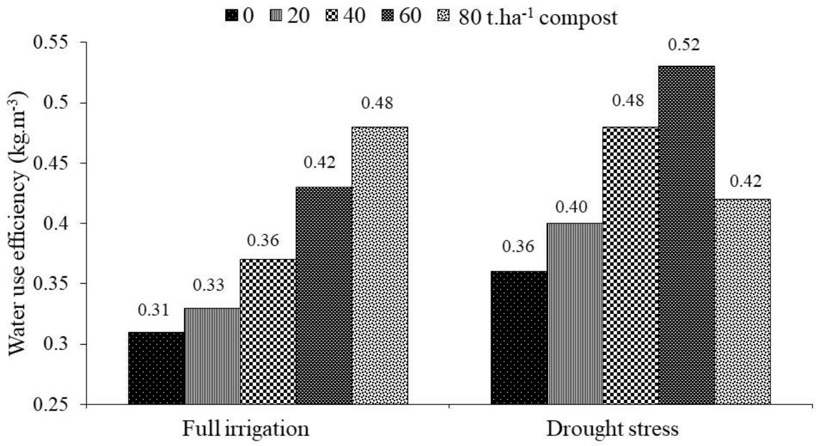
اگر چه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی دارای مزایای متعددی بوده و هم منجر به بهبود ساختمان خاک و هم افزایش عناصر غذایی آن می شود، ولی کاربرد آن به‌ویژه در مقادیر بسیار بالا ممکن است منجر به شوری خاک شود و در شرایط تنش خشکی احتمالاً به‌دلیل کمبود آب آبشویی نمک از توده کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌خوبی انجام نشده و لذا کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در شرایط تنش خشکی اگر چه میزان عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش داد، ولی کاهش عملکرد دانه نسبت به تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست قارچ را سبب شد (شکل ۲).

شاخص برداشت تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی قرار نگرفت (جدول ۳). غیرمعنی‌دار بودن اثر تیمارها بر این صفت، شاید به این دلیل باشد که اگر چه هم عوامل محیطی و هم عوامل ژنتیکی بر شاخص برداشت تأثیرگذار هستند، ولی نقش عوامل ژنتیکی در این صفت به مراتب بیشتر است (Zecevic & Knezevic, 2005).

اثر تنش خشکی، سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آن ها بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۳). کاربرد ۴۰، ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در شرایط تنش کم‌آبی، کارآیی مصرف آب را در مقایسه با شاهد افزایش داد و در این شرایط بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌دست آمد (شکل ۳). در شرایط آبیاری کامل نیز با افزایش مقادیر کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی، کارآیی مصرف آب بهبود یافت و کاربرد ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بیشترین کارآیی مصرف آب را نسبت به شاهد سبب شد (شکل ۳). کمترین میزان کارآیی مصرف آب (۰/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب) متعلق به تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و عدم استفاده از کود بود (شکل ۳). انجام آبیاری کمتر، بهبود کارآیی مصرف آب را در پی داشت، به‌طوری‌که هر یک از سطوح کمپوست مصرف شده قارچ در شرایط آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری با سطح مشابه در شرایط تنش خشکی نداشتند.

به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری کامل، با افزایش ارتفاع گیاه و تعداد شاخه جانبی (جدول ۴)، احتمالاً سطح برگ گیاه افزایش یافته و در نتیجه، مواد فتوسنتزی بیشتری تولید و به اندام های مختلف اختصاص یافته است و از این رو، فراهمی رطوبت مورد نیاز گیاه در تمام مراحل رشد، افزایش عملکرد بیولوژیک را در پی داشته است. در شرایط آبیاری کامل، ممکن است بخشی از آب داده شده به زمین به اعماق خاک نفوذ کرده و گیاه امکان استفاده از آن را پیدا نکرده باشد، ولی در شرایط تنش خشکی و کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ

خوراکی، ظرفیت نگهداری آب در خاک افزایش یافته و به تبع آن، میزان کارآیی مصرف آب در گیاه ماش با افزایش همراه شده است. در یک پژوهش، نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که در شرایط تنش خشکی، نقش صفات ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت و تعداد روز تا ۹۰ در صد رسیدگی، مهم‌تر از بقیه صفات در عملکرد اقتصادی گیاه ماش بود (Zabet & Hoseinzadeh, 2011).



شکل ۳- مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب در ماش تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (حداقل تفاوت معنی‌دار= ۰/۰۷)

Fig. 3- Mean comparison of water use efficiency in mungbean affected by drought stress and different levels of spent mushroom compost (LSD= 0.07)

در پژوهش‌های دیگری اثرات منفی تنش خشکی بر تجمع ماده خشک و زیست‌توده گیاه در لوبیا (Emam et al., 2012) و سویا (Ghassemmi-Golezani & Lotfi, 2012) به اثبات رسیده است. در یک پژوهش، گزارش شد که تنش خشکی تأثیر منفی بر کلیه صفات ارقام مختلف گیاه ماش داشت و بیشترین آسیب مربوط به عملکرد دانه و کمترین آسیب مربوط به وزن هزار دانه بود (Hashemzehi et al., 2013). در پژوهشی دیگر، گزارش شد قطع آبیاری در مرحله زایشی بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه ماش داشت (Jafardokht et al., 2015). اعمال تنش شدید خشکی در مرحله رشد زایشی، منجر به کاهش ۴۹ در صدی عملکرد اقتصادی ماش شد، در حالی که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی عملکرد دانه را نه درصد نسبت به شاهد کاهش داد (Moradi et al., 2008).

به نظر می‌رسد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی احتمالاً از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و فراهم کردن شرایط مناسب رشد ریشه و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش جذب و انتقال مواد غذایی (Flavio, 2004) توانسته ضمن کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی، عملکرد دانه و بیولوژیک را افزایش دهد. همچنین احتمالاً کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی، نفوذپذیری و تخلخل خاک را افزایش داده (Abd-El-Kader et al., 2010; Biradar, 2007) و در نتیجه مصرف آن احتمالاً عمق ریشه توسعه یافته است و از هدرروی آب جلوگیری شده و رطوبت بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و این امر منجر به افزایش کارآیی مصرف آب شده است. این کود می‌تواند از طریق افزایش میزان هوموس و ظرفیت بافری خاک و افزایش برخی آنزیم‌ها (Flavio, 2004) منجر به بهبود خصوصیات کمّی گیاه شود. کاربرد ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه سیر افزایش ۴۸ درصدی عملکرد اقتصادی را نسبت به شاهد سبب شد و بیشترین ماده خشک تولیدی و شاخص برداشت نیز در این تیمار به‌دست آمد (Rezvani Moghaddam et al., 2017). سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ عملکرد دانه گیاه مرزه را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Rahmanian et al., 2011). پس از بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه زعفران گزارش شد که بیشترین عملکرد کلاله در تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست قارچ مشاهده شد، ضمن اینکه هر یک از سطوح ۲۰، ۸۰ و ۱۰۰ در هکتار

کمپوست قارچ نیز عملکرد کلاله را به‌ترتیب ۳۰، ۳۵ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (Rezvani Moghaddam et al., 2014). وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی و فلفل تحت تأثیر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی افزایش یافت (Medina et al., 2008).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج آزمایش نشان داد که قطع آبیاری در مرحله تولید غلاف احتمالاً از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه، افت برخی از اجزای عملکرد و در نهایت، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک را در پی داشت و انجام آبیاری کامل سبب شد، گیاه در اکثر شاخص‌های مورد بررسی از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار شود. به‌طور کلی، با توجه به یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد با کاربرد مقادیر مناسب کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در شرایط تنش خشکی بتوان ضمن بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه، خسارات ناشی از مصرف کودهای شیمیایی را به حداقل رسانده و پایداری تولید در درازمدت را تضمین نمود. به‌طور کلی، با توجه به یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد با کاربرد مقادیر بهینه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (مقدار ۶۰ تن در هکتار) به‌عنوان یک نهاده بوم‌سازگار در شرایط تنش خشکی بتوان خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه ماش را بهبود بخشید.

References

Abd-El-Kader, A.A., Shaaban, S.M., and Abd-El-Fattah, M.S., 2010. Effect of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* L.) grown in sandy calcareous soil. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 3: 225-231.

Ahmadpour, R., Armand N., Hosseinzadeh S.R., and Rigi, G., 2018. Influence of compost fertilizer on some photosynthetic parameters of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in three growth stages under drought stress. Journal of Plant Research 31(4): 916-926. (In Persian with English Summary)

Aggelides, S.M., and Londra, P.A., 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. Bioresource Technology 71: 253-259.

Alavi Fazel, M., Lak, Sh., and Momeni Chalaki, R., 2015. Study of plant density effect on grain yield of mungbean cultivars in climate conditions of Izeh city. Journal of Crop Production Researh 7(2): 145-161. (In Persian with English Summary)

Allahdadi, I., Memari, A., Akbari, G.A., Lotfifar, O., and Shams, A., 2013. The effect of application of different amounts of urban solid compost on growth and yield of mangbean. Journal of Plant Production 20(2): 145-160. (In Persian with English Summary)

Aminul Islam, M., Boyce, A.N., Rahman, M.M., Azirun, M.S., and Ashraf, M.A., 2016. Effects of organic fertilizers on the growth and yield of bush bean, winged bean and yard long bean. Brazilian Archives of Biology and Technology 59: 1-9.

Arisha, H.M.E., Gad, A.A., and Younes, S.E., 2003. Response of some pepper cultivars to organic and mineral nitrogen fertilizer under sandy soil conditions. Zagazig Journal of Agriculture Research 30: 1875-1899.

Arnon, I., 1972. Crop production in dry regions, Background and Principles. (Ed.): N. Polunin. Leonard Hill Book, London 1: 203-211.

Biradar, D.P., 2007. Effect of integrated nutrient management on productivity, profitability and sustainability of irrigated maize. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 4: 837-839.

Butler, J.D., Byrne, P.F., Mohammadi, V., Chapman, P.L., and Haley, S.D., 2005. Agronomic performance of Rht Alleles in a spring wheat population across a range of moisture levels. Crop Science 45: 939-947.

Curtis, M.J., and Claassen, V.P., 2005. Compost incorporation increases plant available water in a drastically disturbed Serpentine soil. Soil Science 170: 939-953.

Debosz, K., Petersen, S.O., Kure, L.K., and Ambus, P., 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Applied Soil Ecology 19: 237-248.

Dhingra, K.K., Dhillon, M.S., Grewal, D.S., and Shorma, K., 1991. Performance of maize and mungbean intercropping different planting patterns and row orientation. Indian Journal of Agronomy 36: 207-212.

Ehyaee, H.R., Rezvani Moghaddam, P., Gaemi, M., and Motamedi, M.R., 2010. Investigation of the effects of spent mushroom compost (SMC) application on wheat. The First National Symposium on Agriculture and Sustainable

Development Opportunities and Future Challenge.Shiraz University. pp: 4. (In Persian)
Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., Jalali, A.H., and Pessarakli, M., 2012. Drought stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. Archives of Agronomy and Soil Science 58 527-534.
Farre, I., and Faci, J.M., 2006. Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 83: 135- 143.
Flavio, P., 2004. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51(3): 239-248.
Frankenberger, W.T., and Arshad, M., 1995. Phytohormones in Soils: Microbial Production and Function, Marcel Dekker, New York. pp: 151.
Ghassemmi-Golezani, K., and Lotfi, R., 2012. Response of soybean cultivars to water stress at reproductive stages. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences 2: 198-202.
Hamid, A., Kubota, F., Agata, W., and Morokuma, M., 1990. Photosynthesis, transpiration, dry matter accumulation and yield performance of mungbean plant in response to water stress. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University 1-2: 81-92.
Hashemzehi, M., Moradgholi, A., and Ghasemi, A., 2013. Evaluation of responses of mungbean (*Vigna radiata*) genotypes to drought stress using different stress tolerance indices. Journal of Crop Breeding 5(12): 112-122. (In Persian with English Summary)
Jafardokht, R., Mosavi Nik, S.M., Mehraban, A., and Basiri, M., 2015. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in mung bean. Journal of Crop Production 8(1): 121-141. (In Persian with English Summary)
Jaiwal, P.K., Kumari, R., Ignacimuthu, S., Potrykus, I., and Sautter, C., 2001. *Agrobacterium tumefaciens* mediated genetic transformation of mung bean - a recalcitrant grain legume. Plant Science 161(2): 239-247.
Johnson, G.A., Qian, Y.L., and Davis, J.G., 2009. Topdressing Kentucky bluegrass with compost increases soil water content and improves turf quality during drought. Compost Science and Utilization 17: 95-102.
Jonathan, S., Oyetunji, O., Olawuyi, O., and Uwukhor, P., 2013. Application of pleurotus ostreatus SMC as soil conditioner for the growth of soybean (*Glycine max*). Academia Arena 5(1): 54-61.
Kahrizy S., and Sepehri, A., 2019. Effect of vermicompost, nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arientinum* L.) cultivars under terminal drought stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 29(1): 67-83. (In Persian with English Summary)
Kanatt, S.R., Arjun, K., and Sharma, A., 2011. Antioxidant and antimicrobial activity of legume hulls. Food Research International 44: 3182-3187.
Keating, J.D.H., and Cooper, P.J.M., 1998. Kabuli chickpea as a winter-sown crop in northern Syria: moisture relations and crop productivity. Journal of Agricultural Science 100: 667-680.
Kisman, A., 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Science Philosophy. Bogor Agricultural University, Indonesia. pp: 702.
Lal, S., Bagdi, D.L., Kakralya, B.L., Jat, M.L., and Sharma, P.C., 2013. Role of brassinolide in alleviating the adverse effect of drought stress on physiology, growth and yield of green gram genotypes. Journal of Legume Research 36: 359-363.
Lalinia, A.A., Majnon Hoseini, N., Galostian, M., Esmaeilzadeh Bahabadi, S., and Marefatzadeh Khameneh, M., 2012. Echophysiological impact of water stress on growth and development of mungbean. International Journal of Agronomy and Plant Production 3: 599-607.
Lee, C.H., Yoon, S.J., and Lee, SM., 2012. Chlorogenic acid attenuates high mobility group box 1 (HMGB1) and enhances host defense mechanisms in murine sepsis. Molecular Medicine 18(1): 1437-1448.
Levanon, D., and Danai, O., 2001. Chemical, physical and microbiological considerations in recycling spent mushroom substrate. Compost Science Utilazation 3(1): 72-73.
Liu, Z.F., Fu, B.J., and Zheng, X.X., 2010. Plant biomass, soil water content and soil N:P ratio regulating soil microbial functional diversity in a temperate steppe: a regional scale study. Soil Biology and Biochemistry 42: 445-450.
Maasomi, A., Kafi, M., Nezami, A., and Hosseini, S.H., 2005. Effects of drought stress on morphological traits in chickpea (*Cicer arientinum* L.) genotypes in greenhouse. Iranian Journal of Field Crops research 3(2): 277-289. (In Persian with English Summary)
Mogotsi, K.K., 2006. *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek. 2000. In: M. Brink, and G.Belay, (Editors). PROTA 1: Cereals and

pulses, Wageningen, Netherlands.

Nandwal, A.S., Hooda, A., and Datta, D., 1998. Effect of substrate moisture and potassium on water relations and C, N and K distribution in *Vigna radiata*. Biologia Plantarum 41(1): 149-153.

Olfati, J.A., Khasmakhi-Sabet, S.A., Shabani, H., and Peyvast, G., (2012). Alternative organic fertilizer to cow manure for French dwarf bean production. International Journal of Vegetable Science 18(2): 190-198.

Onal, M., and Topcuoglu, K.B., 2007. The effect of spent mushroom compost on the dry matter and mineral content of pepper (*Piper nigrum*) grown in greenhouse. Tropentag Congress on utilization of diversity in land use systems: Sustainable and organic approaches to meet human needs, October 9-11, Witzenhausen, Germany.

Peregrina, F., Larrieta, C., Martin, I., Martinez-Vidaurre, J.M., and Garcia-Escudero, E., 2009. Effect of application spent mushroom compost as organic amendment in vineyard soil of theorigin denomination Rioja (Spain). Gheophysical Research Abstract 11: 368-375.

Rafiee Shirvan, M., and Asgharipour, M.R., 2009. Reaction of yield and morphological characteristics of some genotype of mungbean (*Vigna radiate* L.) to drought stress. Agroecology Journal (Journal of New Agricultural Science) 5(15): 67-76. (In Persian with English Summary)

Rahimi M.M., and Hashemi, A., 2016. Yield and yield components of vetch (*vigna radiata*) as affected by the use of vermicompost and phosphate bio-fertilizer. Journal of Crop Ecophysiology 10(2): 529-540. (In Persian with English Summary)

Rahmanian, M., Hatami, F., Esmaeel Poor, B., and Hadian, J., 2011. Effect of spent mushroom compost on yield and yield components of *Satureja hortensis*. National Conference on Modern Agricultural Science and Technologies (MAST). (In Persian)

Robertson, T.M.J., Fukai, S., and Peoples, M.B., 2004. The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. Field Crops Research 86: 67-80.

Sio-Se Mardeh, P., Sadeghi, F., Kanouni, H., Bahramnejad, B., and Gholami, S., 2014. Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 16(2): 91-108. (In Persian with English Summary)

Sodhi, G.P.S., Beri, V., and Benbi, D.K., 2009. Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in different fractions under long-term application of compost in rice-wheat system. Soil and Tillage Research 103: 412-418.

Soltys-Kalina, D., Plich, J., Strzelczyk-Żyta, D., Śliwka, J., and Marczewski, W., 2016. The effect of drought stress on the leaf relative water content and tuber yield of a half-sib family of 'Katahdin'-derived potato cultivars. Breeding Science 66: 328-331.

Shahrusvand S., Eisvand H.R., Nazarian Firozabadi F., and Feizian M., 2019. Effect of sulphur and vermicompost application on agronomic traits of hubbit cultivar of soybean (*Glycine max* L.). Journal of Crop Ecophysiology 13(3): 447-460. (In Persian with English Summary)

Shokuhfar, A., and Abufetilehnejad, S., 2013. Effect of drought stress on some physiological characteristics and biological yield of different varieties of mungbean. Crop Physiology Journal 5(17): 49-59. (In Persian with English Summary)

Stewart, D.P.C., Cameron, K.C., Cornforth, I.S., and Sedcok, J.R., 1998. Effects of spent mushroom substrate on soil physical conditions and plant growth in an intensive horticultural system. Australian Journal of Soil Research 36(6): 899-912.

Tadayyon, M.R., and Ghorbaninejad, A.J., 2012. Effect of supplementary irrigation and compost application on morphological traits and yield of two chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 31-44. (In Persian)

Tejada, M., Hernandez, M.T., and Garcia, C., 2009. Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. Soil and Tillage Research 102: 109-117.

Zabet, M., and Hoseinzadeh, A.H., 2011. Determination of the most effective traits on yield in mung bean (*Vigna radiata* L. wilczek) by multivariate analysis in stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 87-98. (In Persian with English Summary)

Zak, D.R., Holmes, W.E., and White, D.C., 2003. Plant diversity, microbial communities, and ecosystem function: are there and links. Ecology 84: 2042-2050.

Zecevic, V., and Knezevic, D., 2005. Variability and components of variance for harvest index in wheat (*Triticum aestivum* L.). Genetica 37: 173-179.